

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI  
(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

010487849 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 1995-389247/199550

XRAM Acc No: C95-167291

XRPX Acc No: N95-284575

Laser beam machining appts. allowing more efficient machining -  
including workpiece under vacuum chamber with laser beam window and  
permanent magnet

Patent Assignee: NIPPONDENSO CO LTD (NPDE )

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
JP 7266073	A	19951017	JP 9479815	A	19940325	199550 B

Priority Applications (No Type Date): JP 9479815 A 19940325

Patent Details:

Patent No Kind Lan Pg Main IPC Filing Notes

JP 7266073 A 5 B23K-026/12

Abstract (Basic): JP 7266073 A

The laser beam machining appts. includes work (1) having a 1 mm  
thick plate (6) laid underneath vacuum chamber provided with a laser  
beam passing window (2) and a permanent magnet (8) under the plate (6)  
through a yoke (7). The laser beam (4) is radiated normally against the  
work surface through the laser beam condenser lens (5).

ADVANTAGE - More efficient and high aspect ratio machining.

Dwg.1/5

Title Terms: LASER; BEAM; MACHINING; APPARATUS; ALLOW; MORE; EFFICIENCY;  
MACHINING; WORKPIECE; VACUUM; CHAMBER; LASER; BEAM; WINDOW; PERMANENT;  
MAGNET

Derwent Class: M23; P55

International Patent Class (Main): B23K-026/12

International Patent Class (Additional): H01L-021/302

File Segment: CPI; EngPI

Manual Codes (CPI/A-N): M23-D05

?

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
B 23 K 26/12  
H 01 L 21/302

識別記号 庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 01 L 21/ 302

Z

審査請求 未請求 請求項の数 5 FD (全 5 頁)

(21)出願番号

特願平6-79815

(22)出願日

平成6年(1994)3月25日

(71)出願人 000004260

日本電装株式会社

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72)発明者 大原 淳士

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電  
装株式会社内

(72)発明者 後藤 吉孝

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電  
装株式会社内

(72)発明者 永久保 雅夫

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電  
装株式会社内

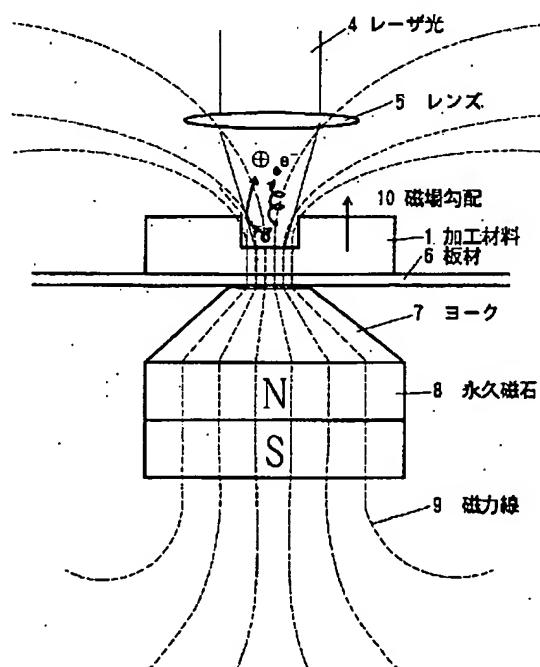
(74)代理人 弁理士 藤谷 修

(54)【発明の名称】 レーザ加工装置

## (57)【要約】

【目的】効率的でハイアスペクト比加工を可能とするレーザ加工装置の提供。

【構成】加工材料1が、石英ガラス製などのレーザ透過窓2を持つ真空チャンバー3内に置かれ、加工材料1の裏面には、厚さ1mm程度の板材6が敷かれ、その下にヨーク7を介して、永久磁石8を配置する。それで被加工材料のレーザスポット照射部分において磁場勾配が設けられ、磁力線9は加工孔底部で最も密で、加工孔出口に向かって次第に磁場勾配が緩やかになる。レーザ照射により、被加工材料が原子レベルで剥離してプラズマとなり、加工屑として電子とイオンとが加工部位に定常的に発生する。これらは通常運動エネルギーを持つので、磁場勾配により外部に向かって力を受け、加工部位から即座に除去されていく。これにより、従来よりもアスペクト比が高く、且つ熱によるダメージが少ない加工が可能となる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 真空槽内に被加工材料を設置し、紫外線レーザを用いて該被加工材料に加工を施すレーザ加工装置において、

前記被加工材料の内部領域から外部領域へ向かうと共に、前記紫外線レーザの照射源に向かって低くなる磁場勾配を発生させる磁場発生手段を有することを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項2】 前記磁場発生手段に、加工部位に向けて磁場を絞る磁場収束手段が設けられていることを特徴とする請求項1に記載のレーザ加工装置。

【請求項3】 真空槽内に被加工材料を設置し、紫外線レーザを用いて該被加工材料に加工を施すレーザ加工装置において、

前記被加工材料の内部領域から外部領域へ向かい、前記紫外線レーザの照射源に向かう磁場勾配を発生させる磁場発生手段を有し、

前記被加工材料に対する加工方向に直流電界を印加する電界印加手段を有することを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項4】 前記磁場発生手段に、前記加工部位に向けて磁場を絞る磁場収束手段が設けられていることを特徴とする請求項3に記載のレーザ加工装置。

【請求項5】 前記磁場発生手段に、前記紫外線レーザの照射と同期させて、前記磁場勾配と同様な磁場勾配のパルス磁場を重複させるパルス磁場発生手段が付加されていることを特徴とする請求項2または4に記載のレーザ加工装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は紫外線レーザ光でレーザアブレーションを生ぜしめて被加工材料を加工する微細加工技術に関し、特に微細なトレチ孔などをハイアスペクト比に形成するレーザ加工装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 セラミック、金属等への溝加工の微細化を進めていった場合、加工部分からの横方向への熱の伝搬が1つの障壁になっている。そこで近年、紫外線レーザによる加工が注目を集めている。赤外線レーザ照射による溶融、昇華といった熱プロセスとは違って、この波長領域では光子1個のもつエネルギーが数eV程度であり、光子が直接固体中の電子単位に作用を及ぼすため、非熱プロセスになると考えられているからである。具体的に言えば、この光子の吸収により固体中の原子(分子)は結合にあずかる最外殻電子が電離し、加工肩としてプラスイオンと電子が飛び出して加工が進行すると考えられている。この現象に着目し、これを応用する事で加工物質の積極的除去が行える可能性がある。これが可能であれば、特に開口径に対して深さが10倍以上あるようないわゆるハイアスペクト比加工時に、排出が困難と推

測される加工孔底部からの被加工物質の剥離物の排出が可能となり、従来よりも更にアスペクト比を高くする事が可能となる。

【0003】 そのため、既に本発明の出願者は、特願平5-120816号において、加工進行方向に平行に直流電界を印加し、レーザ照射後プラスイオン化した加工肩粒子をこの印加電界により引張り出す案を出願している。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、効率的にレーザ照射部をイオン化するためには、まず最初に電子を加工材の外部へ引張り出さなければならないが、上記の先願にはその電子を効率的に排出させる機構が含まれておらず、従ってイオン化を前提とした加工後の微粒子の積極的な排出に支障ができる。またその他に従来技術として特開昭61-37391号公報があり、これは加工材に対し、レーザ光に平行に磁界を印加するものであって、レーザ照射後の発生プラズマと加工面の相互作用を抑制して加工面の仕上がりを滑らかにする事を狙っている。しかし、この公報には印加磁場の配置に関して特別な配慮はなく、発生プラズマの動力学的な挙動を積極的に制御するような概念は含まれておらず、従ってハイアスペクト比加工の達成を目的とするものではない。

【0005】 そこで上記問題点に鑑み、効率的なレーザ加工を実現してハイアスペクト比加工を可能とするレーザ加工装置を提供することを目的とする。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 そこで本案では、主に磁場勾配を利用してレーザ照射により電離した電子を加工材の外部へ引っぱり出す作用と、その結果生じた加工肩のプラスイオンを外部へ積極的に排出させる作用とを同時に達成させることを狙っている。そのため、課題を解決するため本発明の構成は、真空槽内に被加工材料を設置し、紫外線レーザを用いて該被加工材料に加工を施すレーザ加工装置において、前記被加工材料の内部領域から外部領域へ向かうと共に、前記紫外線レーザの照射源に向かって強度が弱くなるように磁場勾配を発生させる磁場発生手段を有し、前記被加工材料に対する加工方向に直流電界を印加する電界印加手段を有することを特徴とする。

【0007】 第二発明の構成は、真空槽内に被加工材料を設置し、紫外線レーザを用いて該被加工材料に加工を施すレーザ加工装置において、前記被加工材料の内部領域から外部領域へ向かい、前記紫外線レーザの照射源に向かって強度が弱くなるように磁場勾配を発生させる磁場発生手段を有し、前記被加工材料に対する加工方向に直流電界を印加する電界印加手段を有することを特徴とする。第二発明の関連発明の構成はさらに、前記磁場発生手段に、加工部位に向けて磁場を絞る磁場収束手段が設けられていることを特徴とする。

【0008】 さらに磁場発生手段に、前記紫外線レーザ

の照射と同期させて、前記磁場勾配と同様な磁場勾配のパルス磁場を重疊させるパルス磁場発生手段が付加されていることを特徴としても良い。

【0009】

【作用】被加工材料の裏面側に配置された磁場発生手段、必要によっては加えて磁場を絞る手段により、被加工材料のレーザスポット照射部分において磁場勾配が設けられ、外部に向かって磁場強度が弱くなる。レーザ照射により、被加工材料が原子レベルで剥離してプラズマとなり、加工肩として電子とイオンとが加工部位に定常に発生する。これらは通常運動エネルギーを持つので、磁場勾配により外部に向かって力を受け、加工部位から直ちに除去されていく。

【0010】

【発明の効果】加工部位に加工肩の残渣が残らず、加工部位が常にレーザ光にさらされる状態を保つことができる、加工深さを大きくとることができ、また効率良く加工できるので加工速度が向上し、微細なハイアスペクト比の加工が実現する。

【0011】

【実施例】以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。図1は、本発明のレーザ加工装置において、対象とする加工材料（被加工材料）1を加工している最中の様子を示す説明図で、図2に示すような概略構成図の設置状況で実施される。加工材料1は、図2に示すような石英ガラス製などのレーザ透過窓2を持つ真空チャンバー（真空槽）3内に置かれている。レーザ光4は、細いビーム状に加工材料に放射され、照射面に当たるまでに広がってしまうため、石英等で出来たレンズ5やレーザ透過窓2を通して加工材料表面位置で焦点を結ぶよう調整してエネルギー密度を高める。なお図示しないが、レンズ5は使用状況に応じて焦点位置を変化できるようにレンズ昇降手段かレンズ交換手段を用いる。またさらに、電磁的な排除手段を補助的に設けて、加工部位から排除された荷電粒子がレーザ透過窓に当たらないようにし、レーザ光の効率を落とさないようにしても良い。

【0012】加工材料1の裏面には、あまり厚くない程度、望ましくは厚さ1mm程度の板材6が敷かれ、その下に鉄やフェライト等のように強磁性体製の、磁場を絞る手段であるヨーク7を介して、磁場発生手段として永久磁石8（もしくは電磁コイル）を配置する。板材6は、加工材料1を支える強度があり、セラミックスやプラスチック等のように磁気的に透明な非磁性材質が望ましい。ヨーク7は、試料裏面（レーザが照射されない裏側）において、面積比で磁石8の磁極表面積の1/100程度になるように絞り、レーザ照射位置の真下に位置するように置く。

【0013】この磁場配置により、磁力線9は加工孔底部で最も密で、加工孔出口に向かって次第に疎になる。つまり、レーザ光4の入射方向に平行な向きに磁力線9

が存在し、さらに加工孔底部から出口に向かって磁場勾配10が存在することになる。この磁場勾配10に対し、プラスイオン、電子が、共にローレンツ力を受けてそれぞれの向きに旋回運動（螺旋運動）をしながら磁力線の疎な加工孔の外側に向かって排出される。この効果により、まずレーザ照射後に電離した電子が加工材料方向へ逆戻りする確率よりも加工材料の外側へ飛び出す確率の方が高くなり、照射部のイオン化が促進される。また、イオン化した微粒子も磁場勾配10により加工孔から外部に向かって積極的に排出される。そのほか電離した電子が磁力線9を軸に旋回運動することで電子と加工側壁との衝突を抑制することができ、結果として側壁へ与える熱ダメージを低減することができる効果もある。これにより、従来よりもアスペクト比が高く、且つ熱によるダメージが少ない加工が可能となる。

【0014】（第二実施例）上記の第一実施例のように磁気勾配10を設けて、帶電した粒子をローレンツ力で排出させるように改善するためには、物理量としては磁束密度Bとその空間的な勾配gradBがそれぞれ効いてくる。そこでそれを独立に決めて加工に最適な磁場配置できるような構成も考えられる。図3はその実施例である。加工材料1の下部に板材6を介して、板材6との接触部が同心円上になるような鉄などの強磁性体のヨーク11を配置する。ヨーク11の芯部には磁場コイルA12が巻かれ、ヨークの先端は面積を絞り、加工部の真下に位置させる。ヨーク11の芯部と周辺部の間の空間には、コイルA12と巻き方向が同じで、巻き直径の大きなコイルB13を置く。コイルA,Bに流す電流値を独立に制御することで、磁束密度Bおよびその勾配gradBを制御できるようにしている。なお、図3の構成は一例に過ぎず、他の変形例として、ヨーク11の形状において周囲のS極がN極よりも位置的に高いという構成であっても構わないし、また逆に低くても構わない。さらに磁気発生手段の一部として、加工材料の上方側に磁界を誘導する磁気回路（強磁性体、第二の磁場発生手段）を設けて、適切に磁気勾配を補正することを特徴としても良い。

【0015】（第三実施例）また荷電粒子、特に電子の排出を助長するために、弱電界14を重疊する場合の実施例を図4に示す。電界印加手段は、被加工材料が帶電されるように電圧印加された一組の対向電極からなる。ここでは電極板15および板材6の間で加工材料1に対して高い電位が与えられて弱電界14を形成している。この弱電界14の向きは、電子にとっては加工孔出口に向かって加速する方向であるが、プラスイオンにとっては質量が大きく減速しにくいとは言え、排出時の速度を減速させる方向になる。そのため、プラスイオンの排出を妨げない程度の弱電界とする。電子は質量が軽いため僅かの電界値でも電子排出の効果があるからである。その値は加工孔の深さや材料により変わるので、状況に合

させて所定の値に設定すればよい。この電界14と磁場勾配10により、レーザで剥離された電子が旋回しながら排出され、磁場勾配の疎な方へ排出される割合が増えて、目指す加工が可能になる。電子の質量が軽いのでプラスイオンより先に排出され、加工部位領域においてはプラスイオンが多く残ることになる。そのためこのプラスイオンはお互いが反発してより拡散しようとし、磁場勾配の緩やかな加工材料外部に向かって進行し、加工部位から排出されることが促進される。

【0016】(第四実施例)また、その他の構成として図5(a)に示すように、永久磁石8、ヨーク7によって形成される静磁場に、さらに加工孔底部と出口で強い磁場勾配をもつパルス磁場をレーザのパルス照射に同期させて発生させ、この静磁場に重疊させる。パルス磁場はパルスコイル(パルス磁場発生手段)16により発生させる。パルスコイル16は加工材料1を取り囲むように配置され、内部で強度に勾配ができるように加工材の下部方向に向かってコイルの巻き線密度が密になっていくように巻かれている。このコイルにコンデンサ等に蓄えおいた電荷をレーザ照射と同時に瞬間に流す。このパルス磁場の重疊により、磁場の強度曲線が孔の上部に向かって移動する。図5(b)にパルス磁場が重疊する様子を示す。プラズマはもともと磁場の密な部分から疎な部分へ動かされる性質があるが、この磁場ポテンシャル曲線自体の平行移動は、この性質を増長させて、レーザ照射で発生したプラズマを一層効果的に孔の出口から排出させることを可能とする。

【0017】いずれの実施例においても、レーザ照射により加工部位にイオン化した粒子が大量に発生するが、レーザが連続に照射されると発生した粒子は定常的に加工部位に存在することになるため、レーザ照射をパルス駆動にして一旦発生した荷電粒子がほとんど排出されてしまってから、次のレーザ照射によって新たな粒子を発

生させるという加工、残渣除去が交互に行われるパルス駆動をプログラムなどで実施してもよい。また、必要に応じて反応性ガスを被加工材料の加工部位に供給するガス供給手段を付加してもよい。

【0018】加工対象はレーザのエネルギーを吸収する固体物質ならば何でも可能で、幅広い応用が期待される。ただし加工対象が磁性体の場合は磁界勾配が形成しにくいため、利用対象とはすることはできない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第一実施例の構成の動作を示す説明図。

【図2】図1の全体の概略構成図。

【図3】第二実施例を示す概略構成図。

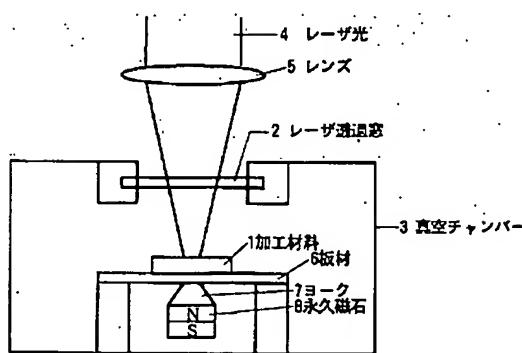
【図4】第三実施例を示す概略構成図。

【図5】第四実施例を示す概略構成図およびその磁場の特性図。

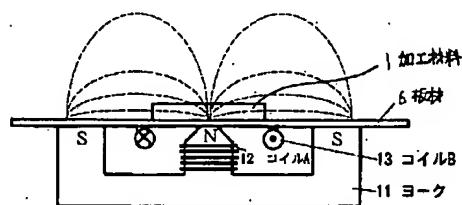
【符号の説明】

- 1 加工材料(被加工材料)
- 2 レーザ透過窓(石英ガラス)
- 3 真空チャンバー(真空槽)
- 4 レーザ光
- 5 レンズ
- 6 板材
- 7 ヨーク(磁場収束手段)
- 8 永久磁石(磁場発生手段)
- 9 磁力線
- 10 磁場勾配
- 11 ヨーク(第二実施例の磁場収束手段)
- 12 コイルA(磁場発生手段)
- 13 コイルB(磁場発生手段)
- 14 弱電界
- 15 電極板(電界印加手段)
- 16 パルスコイル(パルス磁場発生手段)

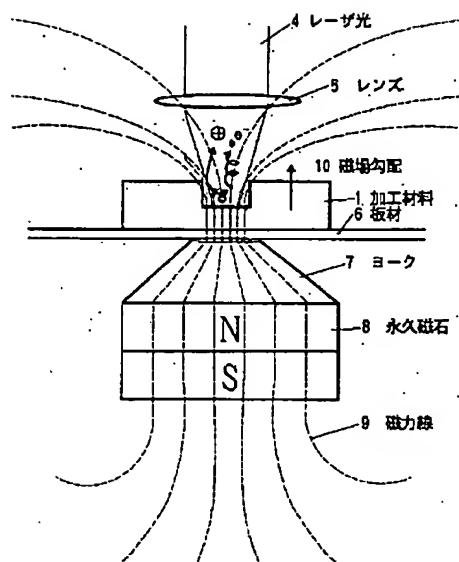
【図2】



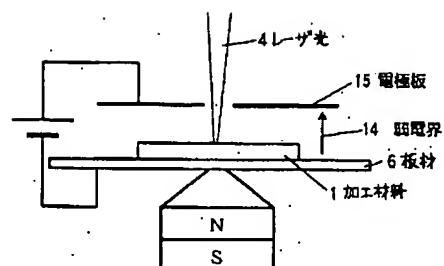
【図3】



【図1】



【図4】



【図5】

